

ANEJO IV  
ANÁLISIS de AGUA



## 1. ANÁLISIS DE AGUA

El agua que se va a utilizar para el riego del cultivo de maíz proviene de un sondeo situado en la propia finca. El resultado de los análisis realizados a dado los siguientes resultados:

pH	→	7,23
Conductividad Eléctrica a 25 °C (mmho/cm)	→	0,5
Cloruros (mg/l Cl <sup>-</sup> )	→	24,8
Sulfatos (mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	→	25
Calcio (mg/l Ca <sup>2+</sup> )	→	25
Magnesio (mg/l Mg <sup>2+</sup> )	→	6
Dureza total (Grados franceses)	→	27,3
Sodio (mg/l Na <sup>+</sup> )	→	7,8
Potasio (mg/l K <sup>+</sup> )	→	1,4
Carbonatos (mg/l CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	→	0
Hidróxidos	→	0
Bicarbonatos (mg/l CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> )	→	42,3
Nitratos (mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	→	1
Boro (mg/l B <sup>3+</sup> )	→	0,40
Residuo seco (mg/l)	→	76
Sólidos disueltos (mg/l)	→	73
Materia en suspensión (mg/l)	→	3
Hierro (mg/l)	→	0,05
Salinidad	→	sin problemas
Manganeso (mg/l)	→	0,04



## 2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La interpretación de las determinaciones realizadas se analizará siguiendo el criterio de Cánovas (1986).

### 2.1. Conductividad Eléctrica a 25 °C ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

La conductividad eléctrica (C.E.), mide la concentración de sales en el agua de riego, dando con este contenido su calidad. Para caracterizar la conductividad del agua de riego se va a tener en cuenta la siguiente relación:

#### C.E. a 25 °C ( $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ ) ó ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

0 – 1000	Excelente
1000 – 3000	Buena a marginal
> 3000	Inaceptable

Como la conductividad eléctrica que posee el agua de riego es de 0,5 mmho/cm y como 1mmho/cm = 1000  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$  = 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; entonces C.E.= 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que corresponde a una **calidad de agua excelente**.

### 2.2. Índice S.A.R. (relación absorción sodio)

Nos da idea del riesgo de sodificación del complejo de cambio (degradación de la estructura del suelo). El índice S.A.R. hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran el ion sodio y los iones calcio y magnesio, calculándose mediante la siguiente expresión:

$$\text{S.A.R.} = \frac{\text{sodio}}{\sqrt{\frac{\text{calcio} + \text{magnésio}}{2}}}$$

en la que los cationes se expresan en meq/l.

Cuando al analizar un agua se encuentran valores del S.A.R superiores a 10, podemos decir que es alcalinizante, siendo mayor este riesgo cuanto mayor sea aquel valor.



Como tenemos un agua de **S.A.R.** =  $\frac{7,8}{\sqrt{\frac{25+6}{2}}} = \mathbf{1,98}$  podemos decir que el agua es

de **escaso poder de sodificación**.

### 2.3. Índice C.S.R. (carbonato sódico residual)

Otro índice que nos habla de la acción degradante del agua es el denominado carbonato sódico residual (C.S.R.). Indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes calcio y magnesio con los aniones carbonato y bicarbonato. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{C.S.R.} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_3\text{H}^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

expresando los iones en meq/l.

Para pasar de mg/l a meq/l dividimos por la valencia del elemento:

$$\text{CO}_3^{2-} = 0\text{mg} = 0\text{meq/l}$$

$$\text{CO}_3\text{H}^- = 42,3 \text{ mg/l} \cdot \frac{1}{61} = 0,69 \text{ meq/l}$$

$$\text{Ca}^{+2} = 25 \text{ mg/l} \cdot \frac{1}{\frac{40}{2}} = 1,25 \text{ meq/l}$$

$$\text{Mg}^{+2} = 6 \text{ mg/l} \cdot \frac{1}{\frac{24,3}{2}} = 0,49 \text{ meq/l}$$

Según el índice C.S.R., las aguas se clasifican como:

#### C.S.R. (meq/l)

< 1.25          Recomendables

1.25 – 2.50    Poco recomendables

> 2.50          No recomendables

$$\text{C.S.R.} = (0 + 7.76) - (9.27 + 4.87) = 0,69 - 1,74 = - 1,05 \text{ meq/l}$$

Por tanto, podemos considerar dicha agua como **recomendable**.



## 2.4. Criterio de fitotoxicidad

Para evaluar el riesgo de inducir toxicidad de un agua de riego, seguimos la clasificación de la F.A.O. (Ayers y Westcot, 1976) en cuanto a sodio, cloruros y boro.

Tabla IV.1  
“Interpretación de la fitotoxicidad”

<i>Ión</i>	<i>Inexistente</i>	<i>Problema creciente</i>	<i>Problema grave</i>
Na <sup>+</sup> (meq/l)	< 3	3 – 9	> 9
Cl <sup>-</sup> (meq/l)	< 4	4 – 10	> 10
B (mg/l)	< 0,7	0,7 – 2.0	> 2,0

Fuente: Cánovas Cuenca, J. (1986) “Calidad agronómica de las aguas de riego”.

Las toxicidades que presenta el agua de riego son las siguientes:

- Sodio (0,33 meq/l)            **Inexistente**
- Cloruros ( 0,70 meq/l)      **Inexistente**
- Boro ( 0,40 meq/l)          **Inexistente**

## 2.5. Dureza

Este índice se refiere al contenido de calcio en el agua. Según su dureza, un agua se puede clasificar en:

Tabla IV.2  
“Interpretación de la dureza del agua”

<i>Tipo de agua</i>	<i>Grados hidrométricos franceses</i>
Muy dulce	< 7
Dulce	7 – 14
Medianamente dulce	14 – 22
Medianamente dura	22 – 32
Dura	32 – 54
Muy dura	> 54

Fuente: Cánovas Cuenca, J. (1986) “Calidad agronómica de las aguas de riego”.



Como en el análisis de agua tenemos una dureza total de 27,3 grados hidrométricos franceses, puede considerarse dicha agua como **medianamente dura**.

## 2.6. Coeficiente alcalimétrico (Índice de Scott)

Este índice se define como la altura de agua, expresada en pulgadas, que al evaporarse dejaría en un terreno vegetal de cuatro pies de espesor, álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más sensibles.

El cálculo del mismo se diferencia según los diferentes casos:

- Si  $\text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- \leq 0$  ,

$$K = \frac{2049}{\text{Cl}^-}$$

- Si  $0 < \text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- < 0,48 \text{SO}_4^{2-}$  ,

$$K = \frac{6620}{\text{Na}^+ + 2,6 \text{Cl}^-}$$

- Si  $0 < \text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- > 0,48 \text{SO}_4^{2-}$  ,

$$K = \frac{662}{\text{Na}^+ - 0,32 \text{Cl}^- - 0,48 \text{SO}_4^{2-}}$$

expresando los distintos iones en mg/l.

$7,8 - (0,65 \cdot 24,8) = -8,32 < 0$  , por tanto, el coeficiente alcalimétrico será:

$$K = \frac{2049}{\text{Cl}^-} \longrightarrow K = \frac{2049}{24,8} = 82,62$$



Tabla IV.3  
“Interpretación del coeficiente alcalimétrico”

<i>Calidad del agua</i>	<i>Valores de K</i>
Buena (no es necesario tomar precauciones)	> 18
Tolerable (emplear con precauciones)	6 – 18
Mediocre (utilizarla solo en suelos con muy buen drenaje)	1,2 – 6
Mala (agua no utilizable)	< 1,2

Fuente: Cánovas Cuenca, J. (1986) “Calidad agronómica de las aguas de riego”.

Como el valor de  $K = 82,62$ ; **el agua es buena**, por lo que no es necesario tomar precauciones.

## 2.7. Normas Riverside

Establecen una relación entre la conductividad eléctrica ( $\mu\text{mhos/cm}$ ) y el índice S.A.R. Según estos dos índices, se establecen categorías o clases de aguas enunciadas según las letras C y S afectadas de un subíndice numérico.

$$\text{C.E.} = 500 \mu\text{mhos/cm} \quad \text{S.A.R.} = 1,98$$

Según el gráfico IV.1 clasificaremos el agua de riego.

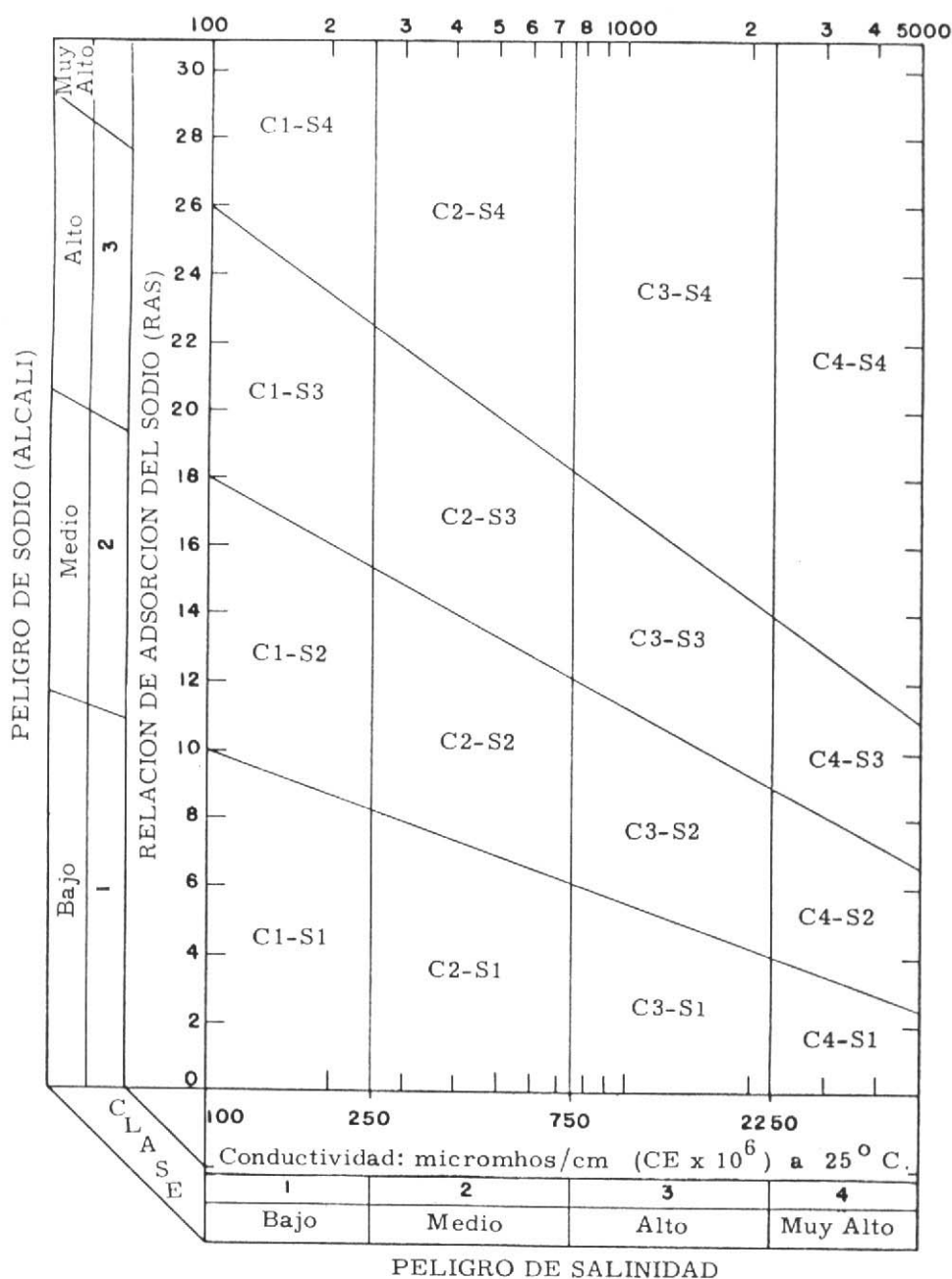


Gráfico IV.1

Normas Riverside: Diagrama para clasificar las aguas de riego según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954) "Tratado de fitotecnia general"

Según el gráfico 1, la clasificación de nuestra agua es C<sub>2</sub> S<sub>1</sub>, mediante la cual podemos decir que ésta agua presenta:

- Peligro de salinización *medio*.
- Peligro de alcalinización *bajo*.



## 2.8. Normas H. Greene

En ellas se toma como base la concentración total de las aguas expresada en miliequivalentes/litro con relación al porcentaje de sodio, calculado respecto al contenido total de cationes expresados en meq/l.

Contenido total de cationes = 1,78 meq/l

Contenido total de aniones = 2,11 meq/l

$$\% \text{Na}^+ = \frac{0,34}{1,78} \cdot 100 = 19,1 \%$$

Sales totales = 3,89 meq/l

En el gráfico IV.2 se puede observar que **el agua es de buena calidad**.

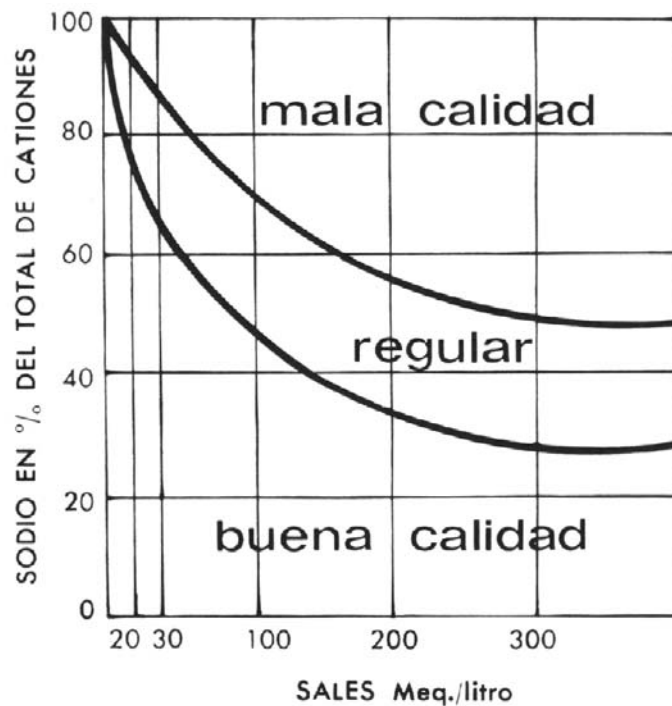


Gráfico IV.2

Normas H. Greene: Clasificación de agua de riego en función del contenido en sales y el % de sodio. "Tratado de fitotecnia general"



## 2.9. Normas L. V. Wilcox

Considera como índices para la calificación de las aguas el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica.

$$\% \text{Na}^+ = 19,1 \%$$

$$\text{C.E.} = 500 \mu\text{mhos/cm}$$

Como puede observarse en el gráfico IV.3, tenemos un **agua de excelente a buena.**

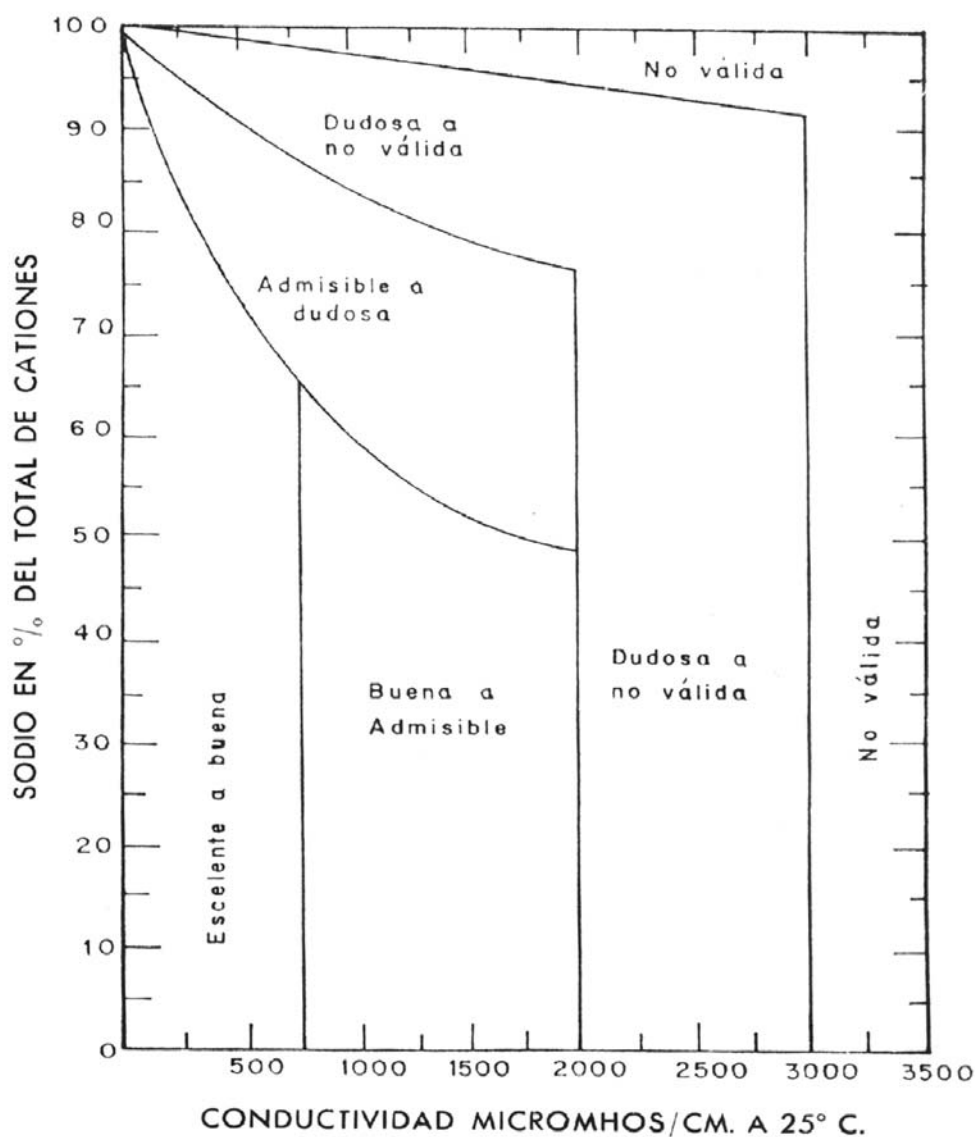


Gráfico IV.3

Normas L. V. Wilcox: Clasificación del agua de riego en función de la conductividad y el % de sodio.  
“ Tratado de fitotecnia general”